

Extrudering ökar substratbasen för lantbruksbaserad biogasproduktion

PETER ODHNER, SVEN-ERIK SVENSSON, THOMAS PRADE OCH ÅSA DAVIDSSON

Det finns en stor potential för en ökad lantbruksbaserad biogas- och biogödselproduktion om halm och andra stråformiga material kan användas som biogassubstrat. Potentialen från halm i Skåne uppgår till 1-2 TWh biogas per år (Björnsson m.fl. 2011), vilket kan jämföras med dagens biogasproduktion i Skåne, som ligger på cirka 0,3 TWh.

Halm och andra stråformiga lignocellulosarika substrat är dock svårnedbrytbara i biogasprocessen, eftersom de har en "vedartad" struktur. För att förenkla och påskynda nedbrytningen av substratet kan olika förbehandlingsmetoder tillämpas, exempelvis extrudering där materialet termomekaniskt krossas och finfördelas. Andra förbehandlingsmetoder för torra substrat är t.ex. malning, brikettering och pelletering.

I detta projekt har extrudering utvärderats som förbehandlingsmetod för biogassubstraten halm, ängs- och energigräs samt vallensilage. I undersökningen har både små- och storskaliga metoder för extrudering undersökts, med hjälp av provrötningar och beräkningar med avseende på energi, ekonomi och teknik.

Syftet med studien har varit hitta nya vägar till att utöka andelen lantbruksbaserade substrat för biogasproduktion. Målet med studien har varit att inventera och utvärdera metoder och tekniker för extrudering, för att på sikt kunna öka andelen tillgängliga och hållbara lantbruksbaserade biogassubstrat i Skåne.



Figur 1. Obehandlad resp. extruderad halm. Foto: Matthieu Warzecha LMEngineering GmbH, Tyskland

Stor potential för lantbruksbaserad biogasproduktion

Lantbruket har en nyckelroll att spela när det gäller produktion av förnybar energi och omställning till en mer hållbar energiförsörjning i samhället. Samtidigt behöver lantbruksnäringen fler ben att stå på, eftersom lönsamheten inom många traditionella produktionsgrenar har försämrats under senare år. Genom att använda lantbruksbaserade restprodukter, såsom gödsel, foderspill, halm, betblast etc. på ett mer effektivt sätt, i kombination med odling av energi- och mellangrödor, skulle produktionen inom lantbruket kunna diversifieras. Detta i sin tur kan förbättra lönsamheten, både på kort och lång sikt.

Biogasindustrin har behov av mer hållbar biomassa och som klassas som andra generationens avancerade substrat för drivmedelsproduktion. Det råder brist på lämpliga biogassubstrat, vilket aktualiserar frågan om att ytterligare integrera lantbruket inom energisystemet. Genom att nyttja lantbrukets skörderester och andra

restprodukter som i dagsläget inte används för biogasproduktion skulle gasproduktionen kunna öka kraftigt. Exempel på ett sådant lantbruksbaserat substrat, som knappt används idag inom biogasområdet, är halm. Genom förbehandling kan den relativt svårnedbrytbara halmens biogasutbyte öka. Extrudering är en förbehandlingsteknik där substratet mekaniskt krossas och i processen uppstår friktionsvärme som öppnar upp de lignocellulosahaltiga strukturerna i substratet. Andra substrat som har en lång uppehållstid i rötammaren, exempelvis vallensilage, energi- och ängsgräs samt majs, kan också förbehandlas med extrudering för att öka gasutbytet och korta ner uppehållstiden i rötammaren. Samtidigt minskar förbehandlingen risken för bildning av sväm- eller flyttäcke i rötammaren (Foged m.fl. 2012). Kortare uppehållstid i rötammaren, dvs. en ökad omsättningshastighet, leder till att en mindre rötammare behöver byggas. Vidare minskar energiåtgången för omrörning, pumpning och uppvärm-

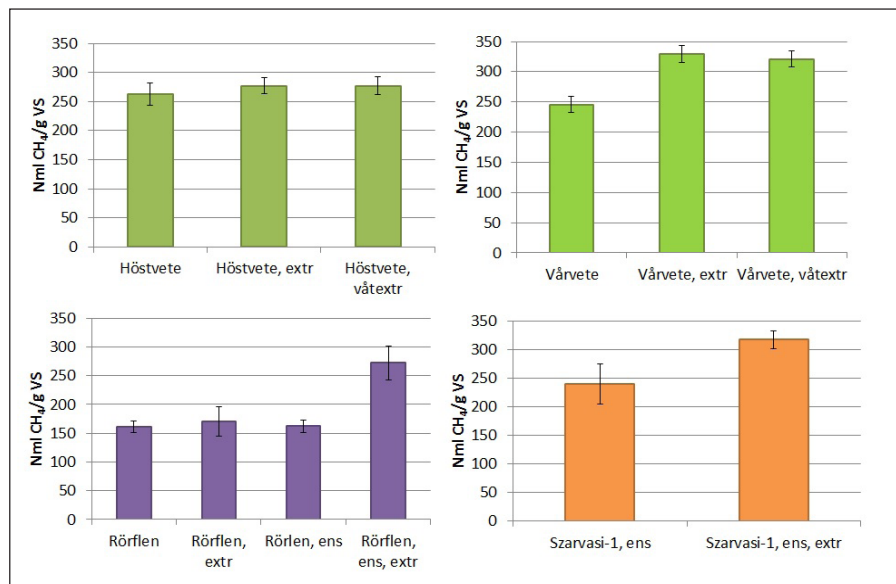


Figur 2. Substratet krossas i extrudern.
Foto: Peter Odhner

ning efter extrudering av substratet. Allt detta kan reducera investeringsstorlek, öka metangasproduktionen, minska processkostnaderna samt förbättra värdet på svårhanterliga och svårnedbrytbara lignocellulosahaltiga biogassubstrat. Tillämpas extrudering i kombination med en befintlig röt-kammare kan mer biogas genereras, eftersom omsättningshastigheten ökar och mer biomassa blir möjlig att bryta ned efter förbehandlingen, vilket ökar biogasproduktionen.

Metod

Efter en litteraturgenomgång inriktad på metoder och teknik för förbehandling av halm, gräs och andra lignocellulosarika biogassubstrat, valdes följande substrat ut för vidare studier; halm, energi- och ängsgräs samt vallensilage. Därefter inventerades teknik och leverantörer av stor- och småskaliga utrustningar för extrudering av stråformiga biogassubstrat. Baserat på inventeringen kunde en lab-extruder upphandlas och inköpas inom projektet. De lignocellulosarika substraten extruderades och dess biogas-



Figur 3. Biogasutbyte från höst- och vårvetehalm samt ängs- och energigräs. Felstaplarna visar standardavvikelsen i biogasutbytet.

potential analyserades genom utrötning-försök, så kallade BMP-tester. Baserat på dessa tester kunde biogasutbyte, omsättningstid och energibalans (förhållandet mellan energiinsatsen för extruderingen och det ökade metangasutbytet efter extruderingen) bestämmas. Slutligen utvärderades förbehandlingen med avseende på ekonomi och teknik för tillämpning inom lantbruket.

Utrötning-försök

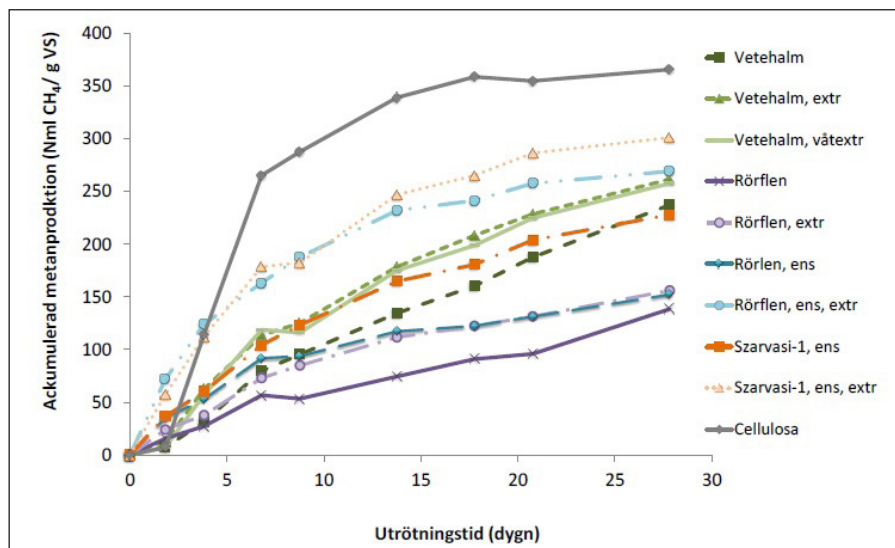
Biogasutbytet (metanutbytet) från utrötning-försöken visas i figur 3.

För de extruderade proverna steg metangasutbytet generellt (Figur 3). För vårvetehalm steg utbytet med 30 % när substratet torrextruderades (ca 85 % TS) alternativt våtextruderades efter 3 timmars blötläggning (ca 25 % TS). För höstvete-halm var ökningen relativt liten jämfört med vårvetehalmen. För ängsgräset rörflen ökade gasutbytet med nästan 50 % när materialet först var ensilerat och därefter extruderat, jämfört med rörflen som endast var ensilerat (Figur 3.) För energigräset Szarvasi-1 steg gasutbytet med cirka

30 % jämfört med när Szarvasi-1 endast var ensilerat. Sammantaget ger extrudering ett ökat gasutbyte och ökar nedbrytningens hastighet (Figur 4).

Ekonomisk analys

Den ekonomiska utvärderingen av extrudering visar att kostnaderna sammantaget inte skiljer sig så mycket mellan en större och mindre extruder. Förmodligen ligger underhållskostnaden något högre för en mindre extruder i förhållande till kapaciteten. Enligt beräkningarna kostar extruderingen drygt 400 kr per ton VS (volatile solids = nedbrytbart material) som behandlas och måste således motsvara värdet av det ökade metangasutbytet som erhålls efter extrudering. Enligt litteratordata och erfarenheterna från detta projekt antas gasutbytet för halm öka med upp till 30 % och för ensilerat energi- och ängsgräs med 30-50 % efter extrudering. Den totala ökningen av biogasutbytet, efter extrudering, motsvarar en energimängd på 500-1000 kWh/ton VS. Energin som tillförts (el) uppgår totalt till 100-150 kWh/ton VS.



Figur 4. Nedbrytningshastighet och ackumulerad metangasproduktion under 30 dagars rötning

Tabell 1. Modell för ekonomisk utvärdering

Indata		
Parameter		Enhet
Substrat	32	TS, %
Substrat	95	VS, %
Mängd (FW)	1100	kg
Investering	790	tkr
Drifttid extruder	60	min
Personal	6	min
Ström	200	A
Spänning	230	V
BMP (normal)	240	Nm ³ CH ₄ /ton VS
BMP+	30	%

Beräkningsförutsättningar

Parameter		Enhet
El	0,5	kr/kWh el
Personal	500	kr/tim
Underhåll/support	60	% av inv/år
Annuitet	4	%
Gasvärde ut	0,65	kr/kWh

Kalkyl		
Parameter		Enhet
Energitillförsel	138	kWh/ton VS
Kostnader		
Energi, el	68,8	kr/ton VS
Personal	149,5	kr/ton VS
Underhåll/support	177,2	kr/ton VS
Ränta	11,8	kr/ton VS
Summa	405,3	kr/ton VS
Intäkter		
Förhöjt gasutbyte	468	kr/ton VS
Resultat	72,5	kr/ton VS
Resultat	194	tkr/år

på ca 430 kr/ton VS, men samtidigt kan metangasutbytet öka med 30 % för extruderad halm. Detta betyder att kostnader och intäkter ligger på ungefär samma nivå. Det innebär att lönsamheten inte förbättras, men fler substrat kan rötas och rötresten kan sedan hanteras på ett mer effektivt sätt. Förmodligen gynnas även växt-

Extruderingen ger således en positiv energibalans, där 5 till 7 gånger mer energi fås ut i form av biogas, jämfört med den el-energi som går åt i förbehandlingen. Kan då extruderingen bära sina egna kostnader? Inom projektet togs en enkel modell fram för att beräkna kostnaderna och lönsamheten för extrudering, se tabell 1.

I kalkylen finns alla kostnader med förutom råvaran, eftersom den även belastar ett biogassubstrat som inte förbehandlas. Enligt denna kalkyl förbättras lönsamheten vid extrudering under förutsättning att biogasanläggningen kan hantera en större biogasproduktion. För en mindre extruder är marginalen dock mindre, och intäkten motsvarar ungefär den ökade kostnaden.

Men ett minst lika viktigt resultat från studien är att substratbasen kan breddas och att lignocellulosrika substrat kan rötas på ett effektivt sätt. Ett annat viktigt resultat är att biogassubstrat som nu används inom biogasindustrin, t.ex. helsädesensilage, kan bytas ut mot andra generationens avancerade substrat, som halm samt energi- och ängsgräs, så att samma mängd biogas kan produceras, men baserat på mer hållbara substrat.

Diskussion och slutsatser

Är det då intressant för en lantbrukare som planerar att investera i en biogasproduktionsanläggning, eller som redan har byggt en anläggning, att investera i en extruder som förbehandlingsmetod? Genom en sådan investering kan fler lantbruksrelaterade substrat rötas, exempelvis fastgödsel, djupströbbädd, halm och otjänligt ensilage. I en biogasanläggning baserad på flytgödsel ställs dock höga krav på substratens pumpbarhet. För att kunna bredda substratbasen till fiberrika substrat krävs därför någon form av förbehandling. De lantbrukare som producerar biogas gör ofta el, vilken säljs på nätet. Genom att bredda substratbasen kan mer metangas och el produceras, vilket i sig påverkar lönsamheten positivt, men det innebär också ökade kostnader i form av investering, drift och underhåll. I beräkningarna har inte råvarupriset beaktats, men på en lantbruksfastighet kan ovan nämnda substrat oftast inte nyttjas på något annat sätt än via nedplöjning och därför blir substratkostnaden relativt låg.

Förbehandlingskostnaden för en mindre extruder på 22 kW ligger



Figur 5. Extrudering av vallensilage vid Karlskoga Biogas med Lehmann MSZ B 74e. Foto: Carina Gunnarsson, JTI Uppsala.

näringsupptaget efter rötningen av de lignocellulosarika substraten, jämfört med nedplöjning av dessa direkt i marken. Totalt sett kan därför gården gynnas av en investering i en extruder, men förmodligen krävs ett stigande elpris för att detta ska bli verklighet. I dagsläget är det låga priset på el, vilket medför att många mindre biogasproducenter inte får direkt lönsamhet på produktionen och viljan att investera i ny teknik är därför troligen låg.

Projektet visar att förbehandling av

fiberrika lignocellulosarika substrat via extrudering kan bredda substratbasen för lantbruksbaserad biogasproduktion och bör för större biogasanläggningar (Figur 5) kunna resultera i ett positivt ekonomiskt netto för producenten. Med ett högre elpris, bättre utnyttjande av växtnäringen från substraten i odlingen eller någon annan form av ekonomisk kompensation för den småskaliga biogasproduktionen kan kalkylen även komma att förbättras för mindre gårdsanläggningar.

Referenser

- Björnsson L., Lantz M., Murto M., Davidsson Å. (2011). *Biogaspotential i Skåne – inventering och planeringsunderlag på översiktsnivå*. http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2011/Biogaspotential_i_Skane_111114.pdf
- Davidsson Å. (2015). *Metanpotentialbestämning för utvärdering av extrudering av biomassa*. Inst. för kemiteknik, Lunds Universitet.
- Foged H. L., Hansen M. M., Møller H. B. (2012). *Extrusion of solid plant biomass*. Agro Business Park, Tjele, Danmark. http://agro-technology-atlas.eu/docs/Extrusion_of_solid_plant_biomass_EN.pdf
- Odhner P., Svensson S.-E., Prade T. (2015). *Extruder för ökad biogasproduktion – en praktisk utvärdering*. Slutrapport inom Landsbygdsprogrammet. LTV-Rapport, Inst. för biosystem och teknologi, SLU Alnarp. (Rapport under publicering).

- Informationen i detta faktablad bygger på projektet "Extruder för ökad biogasproduktion" som finansierats av Länsstyrelsen i Skåne genom Landsbygdsprogrammet

- Faktabladet är utarbetat inom Institutionen för biosystem och teknologi vid LTV-fakulteten, SLU Alnarp, www.slu.se/bt

- Projektansvariga: Sven-Erik Svensson, Institutionen för biosystem och teknologi, SLU Alnarp, Peter Odhner, Grontmij, samt Thomas Prade, Institutionen för Miljö- och energisystem, Lunds Universitet

- Författare: Peter Odhner, peter.berglundodhner@grontmij.com, Sven-Erik Svensson, sven-erik.svensson@slu.se, Thomas Prade, thomas.prade@miljo.lth.se och Åsa Davidsson, asa.davidsson@chemeng.lth.se

- Kristina Engdahl har redigerat detta faktablad

- På webbadressen <http://epsilon.slu.se> kan detta faktablad hämtas elektroniskt



Länsstyrelsen
Skåne



Europeiska jordbruksfonden för
landsbygdsutveckling: Europa
investerar i landsbygdsområden